



# Micorrizas: El futuro para la seguridad y soberanía alimentaria

José Alberto Gío-Trujillo<sup>1\*</sup>  
Carlos Juan Alvarado-López<sup>2</sup>  
Neith Aracely Pacheco-López<sup>3</sup>  
Jairo Cristóbal-Alejo<sup>1</sup>  
Arturo Reyes-Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, campus Conkal, Avenida Tecnológico s/n C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Cátedras-CONAHCYT. Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal. Avenida Tecnológico s/n C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Unidad sureste. Tablaje Catastral 31264, Kim. 5.5, Carretera. Sierra Papacal-Chuburna Puerto. Parque Científico. Tecnológico de Yucatán. C.P. 97302. Mérida, Yucatán, México.

\*Autor para correspondencia: DD20800277@conkal.tecnm.mx

**La desnutrición en el mundo afecta a casi un tercio de la población, derivado del poco acceso a alimentos con altos aportes nutricionales. El uso de hongos micorrícicos es considerado una alternativa agrícola viable para combatir la insuficiencia alimentaria y los efectos adversos hacia la nutrición y salud pública global. Los hongos micorrícicos juegan un importante rol en el manejo de la nutrición de los cultivos agrícolas, considerándolos promotores de la rentabilidad y productividad agrícola. Así como un regulador de la calidad nutricional y organolépticas de las cosechas, principalmente favoreciendo los aspectos relevantes postcosecha de los alimentos como la textura, sabor, olor y color.**

## Introducción

Actualmente, la población mundial atraviesa una importante problemática relacionada con la nutrición y salud pública, lo que afecta a más de 700,000,000 personas, principalmente en zonas subdesarrolladas de Centro a Sudamérica, el Caribe, África y Asia, causando un creciente rezago social, problemas de salud mental y bajo bienestar socio-económico de la población afectada.





La problemática denominada “Hambre oculta”, según la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se entiende, como la malnutrición de la población mundial causada por el poco acceso de alimentos con alto valor nutricional. La carencia de los alimentos se estima en una deficiencia en minerales como el hierro, yodo, zinc y vitaminas, nutrientes esenciales para el crecimiento, desarrollo y salud humana.

El suelo agrícola es el principal factor causante de la problemática de seguridad nutricional. Al representar el origen de más del 90 % de la producción de una gran variedad de productos alimenticios de origen vegetal como son las hortalizas, frutales, forrajes comestibles, semillas oleaginosas, legumbres y granos; se considera la principal fuente y el generador de bienestar y salud de la población (Fig. 1).

La carencia alimenticia se estima en una deficiencia en compuestos esenciales como vitaminas y minerales, destacando el hierro, yodo y zinc.



**Figura 1.** Los suelos agrícolas, representa la principal fuente de una gran variedad de alimentos de origen vegetal.



Por este motivo, la FAO, establece las siguientes estrategias y pilares claves para contrarrestar el desgaste de los suelos agrícolas y su problemática en relación a la mala nutrición de la población mundial; I) Fomentar la salud de los suelos agrícolas; II) Optimizar los sistemas de producción alimentaria y III) Transformar los sistemas agroalimentarios hacia la sostenibilidad. Dichos pilares son parte de los objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) de la agenda 2030 y conforman la estructura de programas como “Hambre cero”, estrategias encaminadas a garantizar la disponibilidad y acceso alimentario de calidad nutricional para todas las personas en todas las partes del mundo (Fig. 2).



**Figura 2.** La accesibilidad de alimentos se enfoca en sus diferentes canales de distribución a pequeña (mercados regionales) y gran escala (supermercados).

Recientemente, se ha dado énfasis al uso de microorganismos benéficos del suelo en la agricultura, considerada una alternativa factible para optimizar la producción (mejorar rendimientos y productividad) de alimentos de origen vegetal. Entre los microorganismos benéficos presentes en el suelo resalta el uso de las micorrizas, como se le denomina a la relación simbiótica entre un hongo micorrízico y la raíz de las plantas. Comúnmente, las micorrizas asociadas con los cultivos agrícolas promueven un mejor crecimiento, desarrollo de las plantas y calidad de cosecha (mayor producción, peso y tamaño), al intervenir en la nutrición vegetal de los cultivos, mejorando principalmente la solubilidad del fósforo (P) y otros elementos minerales como el nitrógeno (N), potasio (K), hierro (Fe), zinc (Zn), yodo (I), calcio (Ca), manganeso (Mn), cobre (Cu), selenio (Se) etc., claves para el crecimiento de las plantas durante todas las etapas de su desarrollo.



### Beneficios de la micorriza en las plantas

Los hongos micorrícicos permiten a la planta hospedera una mayor capacidad para absorber y transportar desde el suelo minerales como el **fósforo (P)**, **hierro (Fe)**, **zinc (Zn)**, **calcio (Ca)**, **manganeso (Mn)** y **cobre (Cu)**.

Las plantas son los hospederos indispensables de los hongos micorrícicos, interactuando con más del 80 % de las plantas terrestres. La simbiosis micorrícica consiste en un intercambio mutuo entre los hongos y las comunidades vegetales con las que se asocian. Los hongos micorrícicos

obtienen de las plantas los compuestos carbonados (carbohidratos) esenciales para su ciclo de vida. A su vez, las plantas micorrizadas proporcionan una mayor absorción de recursos del suelo (agua y nutrientes minerales) para su nutrición.

Dado que, las raíces micorrizadas (unión de la raíz y las hifas de los hongos micorrícicos) extienden su zona de influencia en el suelo hasta 20 veces. A esta zona de influencia se le denomina "hifosfera", formando una importante red subterránea entre las plantas y los nutrientes minerales en el suelo (Figura 3).



**Figura 3.** Principal característica de una planta micorrizada (extensión de su zona radicular) en comparación a una planta sin presencia de asociación micorrícica.



Lo que genera un efecto positivo en la nutrición de las plantas y un efecto bioestimulante en su crecimiento, desarrollo y producción. Adicionalmente, las raíces de las plantas les proporcionan a los hongos micorrícicos (hifas, esporas, etc.) un nicho ecológico estable para su sobrevivencia y protección sobre sus principales depredadores.

Como resultado de los beneficios mutuos durante esta interacción simbiótica, la agricultura moderna emplea a los hongos micorrícicos como una importante biofertilizante y estrategia para mejorar la producción y rendimiento agrícola, hacia su implementación como un método agrícola sostenible. Frecuentemente, su uso se encamina como complementos de la fertilización inorgánica (fertilizantes químicos), reduciendo hasta en un 50 % la aplicación de estos fertilizantes en el suelo y en los sistemas agrícolas. Lo que implicaría una reducción del volumen empleado de agroquímicos durante el manejo agrícola de un cultivo.

### La micorriza, un regulador de la calidad nutritiva de los alimentos agrícolas

#### ¿Cómo benefician las micorrizas a los alimentos?

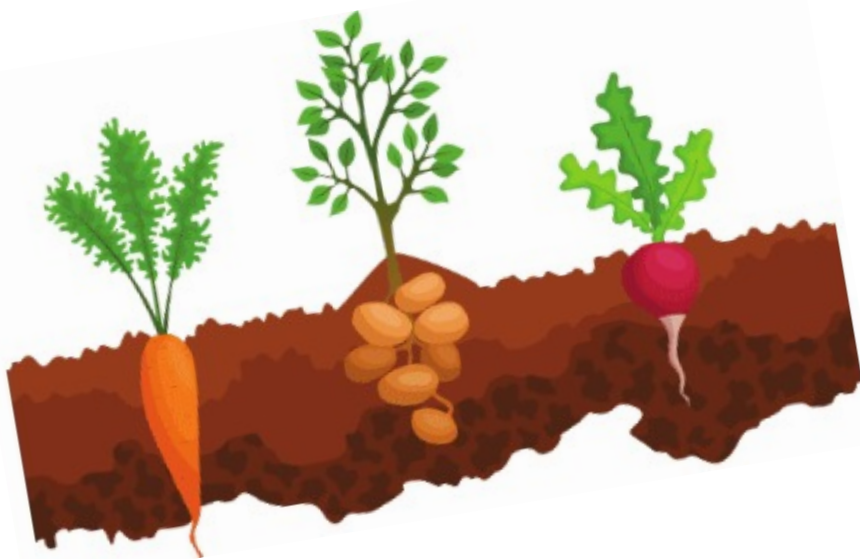
La micorriza, como un regulador de la calidad agrícola de las cosechas, tiene un enfoque dirigido en incrementar no solo los rendimientos y productividad agrícola, al generar un efecto estimulante en la nutrición de las plantas al promover una mayor absorción, transferencia y traslocación (trasporte de minerales del suelo hacia la planta) de minerales en la planta. Lo anterior implica un incremento en las dimensiones (largo y ancho) y peso en frutos.

Se ha documentado, que cultivos asociados con hongos micorrícicos favorece las condiciones y cualidades nutricionales de los alimentos (composición mineral y nutracéutica). Derivado de una mayor acumulación de nutrientes minerales en los tejidos vegetales de los alimentos aprovechable para el consumo humano, tales como los raíces, bulbos, tallos, brotes, follajes o frutos.





Este efecto permite un incremento en la composición mineral de los alimentos, principalmente en Fe y Zn, en frutos, semillas, tallos o follajes. Adicionalmente, diferentes parámetros sensoriales (color, sabor, olor y textura) y procesos organolépticos pueden ser determinados por la absorción y la translocación de ciertos minerales del suelo. Influyendo en la calidad visual (color y aspecto), la textura (dureza, masticabilidad), el olor y los diferentes grados de sabor, que van desde el dulce, astringente o amargo. En la última década, se ha evidenciado en una gran variedad de cultivos agrícolas el efecto de las micorrizas en relación con la calidad nutricional y organoléptica de las cosechas. En alimentos básicos como el arroz, maíz, trigo, cebada, garbanzo y sorgo, se ha documentado que la asociación micorrízica, incrementa la composición de zinc y hierro del grano, especialmente para elevar el consumo de estos nutrientes en la dieta humana.



En otros cultivos de importancia alimentaria, se han reportado el favorecimiento de parámetros de relevancia postcosecha y organoléptica. Se mencionan mayores contenidos de azúcares (°Brix), vitaminas (vitamina C) y compuestos esenciales como ácidos fenólicos y flavonoides, en frutos de fresa, frambuesa, papaya y especies del género citrus, como el naranjo y mandarina. Asimismo, en hortalizas se han reportado en ajo y cebolla, un

incremento en el contenido de ácidos orgánicos (ácido ascórbico), vitaminas y minerales (selenio y calcio). En frutos de tomate y Cucurbitáceas como el pepino y melón, se han evidenciado mejoras en su contenido nutraceutico (carotenoides y fenoles), principalmente en su capacidad antioxidante. Así como mejores condiciones en los atributos sensoriales que le brindan sabor a los frutos (contenido de azúcares, pH y ácidos orgánicos).

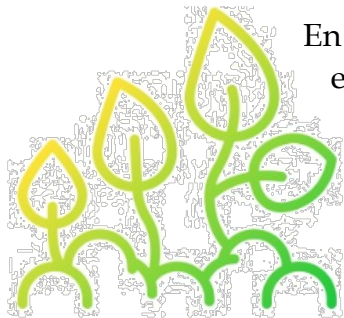




Para comprender tales efectos, la asociación micorrícica (hongo micorrícico -planta) interviene en una mayor movilidad y absorción por parte de la planta de diferentes minerales del suelo hacia la planta. Minerales como el P, Zn, Fe, Mn y Ca, se encuentran estrechamente involucrados en procesos reguladores de su metabolismo. Por ejemplo, los procesos que se relaciona con la hidrólisis de azúcares, formación de compuestos fenólicos y carotenoides, relacionados directamente con el sabor, pigmentación y capacidad antioxidante de los alimentos. Uno de estos minerales es el calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), considerado un elemento mineral con una función y participación directa en los procesos de formación de la pared celular y maduración. Jugando un papel clave en los atributos de textura y el aspecto visual en frutos, comprometiendo la dureza (firmeza) o turgencia de la cáscara y pulpa. Dichos atributos son primordiales para una buena aceptación en el mercado (comercialización). Además, su presencia en la planta puede determinar la calidad postcosecha de la fruta, al reducir incidencias de daños por patógenos y retrasar los procesos de maduración (catabolismo de lípidos) que limitan su vida de anaquel.

**Los hongos micorrícicos como bioestimulantes de la nutrición vegetal de un amplio número de cultivos agrícolas**

### Conclusiones



En general, la micorriza constituye un importante método agrícola con expectativas hacia la agricultura sostenible y rentabilidad agrícola por sus efectos positivos como estimulante vegetal para un mayor desarrollo vegetal, productividad y ser tomado en cuenta como un complemento al manejo de la nutrición mineral (fertilizantes químicos) de los cultivos. Del mismo modo, el uso de micorrizas puede ser determinante para mejorar la calidad nutritiva (composición mineral y nutracéutica) y las propiedades organolépticas de los alimentos (sabor, textura, color y olor). Con miras a contribuir con la problemática de la nutrición humana en zonas prioritarias para su atención y la insuficiencia alimentaria que compromete cada día a la salud pública de la población mundial.



## Literatura recomendada

FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2023). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano. Roma, Italia. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3017es>

López-Morales, M. L., Leos-Escobedo, L., Alfaro-Hernández, L., & Morales-Morales, A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutracéutica del pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(5), 785-798. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2868>.

Upadhayay, V. K., Singh, J., Khan, A., Lohani, S., & Singh, A.V. (2019). Mycorrhizal mediated micronutrients transportation in food based plants: a biofortification strategy. In: Varma, A., Choudhary, D. (eds) *Mycorrhizosphere and pedogenesis*, Springer, Singapore. (pp: 1-14). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_1)

## Semblanzas de autores

**MC. José Alberto Gío-Trujillo.** Ingeniero Agrónomo por el Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín. Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales Tropicales por la Universidad Autónoma de Yucatán. Doctorado en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable. Tecnológico Nacional de México, campus Conkal.

**Dr. Carlos Juan Alvarado-López.** Ingeniero Químico por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Maestría en Ciencias, Biotecnología por la UACH. Doctorado en Ciencias, Biología Experimental por la UMSNH. Cátedras-CONAHCYT, TECNM, Campus Conkal. Nivel SNI: I.

**Dra. Neith Aracely Pacheco-López.** Ingeniera en Alimentos por la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa (UAMI). Maestría: Biotecnología por la UMAI. Doctorado: Materiales Macromoleculares (Universidad Claude Bernard, Francia) y Biotecnología por la UMAI. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño de del Estado de Jalisco. Nivel SNI: I.

**Dr. Jairo Cristóbal-Alejo.** Licenciatura en Sistemas de Producción Agrícola: Instituto Tecnológico No. 25 de Cd. Altamirano, Guerrero. Maestría en Ciencias: Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Doctorado en Ciencias: Fitopatología. Colegio de Posgraduados. TECNM, Campus Conkal. Nivel SNI: I.

**Dr. Arturo Reyes-Ramírez.** Licenciado en Química Clínica. Universidad Veracruzana. Maestría en Ciencias: Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Veracruz. Doctorado en Ciencias: Biotecnología de Plantas. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Irapuato. TECM, Campus Conkal. Nivel SNI: I.

